



**TUGAS AKHIR - TM 145547**

**PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA  
PERMUKAAN V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP  
CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW**

**SITI RAHMATILLAH  
NRP.2114 030 056**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - TM 145547**

**PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA  
PERMUKAAN V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP  
CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW**

**SITI RAHMATILLAH  
NRP.2114 030 056**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - TM 145547**

**EFFECTS OF VARIATION OF THE FLUID LAYER ON  
THE SURFACE OF THE V GROOVE STEEL ST 37  
AGAINST DEFECTS AND WIDTH OF HAZ YIELD SMAW**

**SITI RAHMATILLAH  
NRP.2114 030 056**

**Counsellor Lecturer 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**Counsellor Lecturer 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRIAL DEPARTMENT  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA PERMUKAAN V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya

pada

Bidang Studi Manufaktur  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SITI RAHMATILLAH**

**NRP. 2114 030 056**

Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing 1**

**Dosen Pembimbing 2**

  
Ir. Subowo, MS  
NIP. 19581004 198701 1 001

  
Ir. Endang Dwi Winarto, MT  
NIP. 19580915 198701 1 001

**SURABAYA, JULI 2017**

# **PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA PERMUKAAN V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW**

**Nama** : Siti Rahmatillah  
**NRP** : 2114 030 056  
**Jurusan** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Subowo, MSc

## **Abstrak**

Salah satu permasalahan dalam pengelasan suatu material logam yaitu apabila sebuah logam hasil pengelasan *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) menggunakan spesimen benda kerja yang memiliki kotoran atau material non-metal.

Pada penelitian ini akan menganalisa mengenai pengaruh perbedaan variasi lapisan pengotoran pada permukaan spesimen (tanpa lapisan, oli, air dan stempet) sebelum dilakukan pengelasan SMAW terhadap material ST37 menggunakan E 6013 dengan pengujian radiografi (ASME Sect. V) yang bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada hasil lasan pada material yang telah diberi kampuh 60°, dan uji metalografi (makro etsa) yang bertujuan untuk mengetahui lebar *HAZ* pada daerah batasan *HAZ* (*Heat Affected Zone*) dan *Weld Metal*.

Dari hasil yang didapat pada pengujian radiografi, didapatkan bahwa spesimen tanpa lapisan memiliki cacat (*external undercut*), spesimen dengan lapisan oli (*elongated slug inclusion* dan *external concavity*), spesimen dengan lapisan air (*external undercut*) dan spesimen dengan lapisan stempet (*slug inclusion* dan *external undercut*). Sedangkan pada pengujian metalografi, didapatkan bahwa lebar *HAZ* pada material tanpa lapisan lebih besar dibanding dengan material dengan lapisan air, oli dan stempet.

**Kata kunci** : Pengelasan SMAW, Radiografi, Makro Etsa, Cacat Las, HAZ

**EFFECTS OF VARIATION OF  
THE FLUID LAYER ON THE SURFACE OF THEV  
GROOVE STEEL ST 37 AGAINST DEFECTS AND WIDTH  
OF HAZ YIELD SMAW**

**Nama** : Siti Rahmatillah  
**NRP** : 2114 030 056  
**Jurusan** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Subowo, MSc

***Abstract***

*One of the problems in welding a metal material that is in a metal weld SMAW (Shielded Metal Arc Welding) using a specimen of the workpiece that has dirt or other non-metal materials.*

*In the current study will analyze about the influence of the difference of doping on the surface layer variations of specimens (without layers, oil, water and stem and stempet) prior to welding SMAW against material using E 6013 ST37 with testing radiography(ASME Sect. V) which aims to discover defects that occur on the results of welds on material that has been given a seam-60 °, and test metalografi (macro-etching) that aims to find out the HAZ in the area limitation HAZ (Heat Affected Zone) and Weld Metal.*

*From the results obtained in tests, radiography is obtained that the specimen without layers have a disability (external undercut), specimens with a layer of oil (elongated slug exetrnal concavity and inclusion), specimens with a layer of water (external undercut) and the specimen with a layer of stempet (slug inclusions and external undercut). While in metalografi, obtained by testing that the width of the HAZ in materials without a layer is larger than the material with a layer of water, fuel oil and lubricating grease.*

***Keywords: Welding SMAW, Radiography, macro-Etching, defects, Welding HAZ***

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

### **“PENGARUH VARIASI LAPISAN FLUIDA PADA PERMUKAAN V GROOVE BAJA ST 37 TERHADAP CACAT DAN LEBAR HAZ HASIL SMAW”**

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Subowo, MSc. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT selaku dosen pembimbing 2.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku kadep Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Penelitian Teknik Mesin Industri FV-ITS.
5. Bapak Ir. Denny ME Soedjono, MT selaku dosen wali Teknik Mesin Industri FV-ITS.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang

telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.

7. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
8. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu, Adik - Adik serta Mas Mohammad Amir yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan dalam bentuk apapun.
9. Grader Lab Metalurgi atas kerjasamanya selama proses pengerjaan Penelitian ini.
10. Teman – teman angkatan 2013, 2014, 2015 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
11. Pak Hendro dan Pak Agung (alumni tahun 2000) yang telah membantu selama proses pengerjaan Penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Departemen Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS

Surabaya, Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>

## **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4

## **BAB II DASAR TEORI**

2.1 Definisi Pengelasan .....	5
2.2 SMAW.....	5
2.2.1 SMAW AC.....	6
2.2.1 SMAW DC .....	6
2.3 Posisi Pada Pengelasan.....	7
2.4 <i>Heat Input</i> .....	9
2.5 Kodefikasi Elektroda.....	9
2.6 Material ST 37 .....	12
2.7 <i>HAZ (Heat Affected Zone)</i> .....	14
2.8 Cacat pada Pengelasan .....	15
2.9 Pengujian Material .....	18
2.10 <i>Metalography Test</i> .....	19

2.10.1 Pengujian Makro .....	20
2.11 NDT ( <i>Non Destructive Test</i> ).....	21
2.12 Etsa ( <i>Etching</i> ).....	30
2.13 Struktur Makro pada Pengelasan .....	32
2.13.1 <i>Multilayer</i> .....	32

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Flow Chart Penelitian.....	33
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	34
3.3 Tempat Penelitian.....	34
3.4 Langkah kerja.....	34
3.4.1 Studi literatur .....	35
3.4.2 Persiapan dan Pemotongan Material.....	35
3.4.3 Pengelasan.....	36
3.4.4 Persiapan Benda Uji .....	37
3.4.5 Pengujian Spesimen .....	37

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Parameter Pengelasan.....	49
4.2 <i>Radiography Test</i> (Uji Radiografi) .....	50
4.2.1 Analisa pada Hasil Uji Radiografi.....	54
4.2.2 Pembahasan pada Hasil Uji Radiografi .....	55
4.3 <i>Macro Etsa Test</i> (Uji Makro Etsa) .....	56
4.3.1 Analisa pada Hasil Uji Makro Etsa .....	56
4.3.2 Pembahasan pada Hasil Uji Makro Etsa ....	58

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

### **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pengelasan SMAW.....	5
Gambar 2.2	Posisi pengelasan 1G.....	7
Gambar 2.3	Posisi pengelasan 2G.....	7
Gambar 2.4	Posisi pengelasan 3G.....	8
Gambar 2.5	Posisi pengelasan 4G.....	8
Gambar 2.6	Daerah <i>HAZ</i> .....	14
Gambar 2.7	Cacat Lubang Jarum .....	15
Gambar 2.8	Cacat Percikan Las.....	15
Gambar 2.9	Cacat Retak ( <i>Crack</i> ).....	16
Gambar 2.10	Cacat Keropos ( <i>Porosity</i> ).....	16
Gambar 2.11	Cacat Cekung ( <i>Concavity</i> ) .....	17
Gambar 2.12	Cacat Longsor Pinggir ( <i>Undercut</i> ).....	17
Gambar 2.13	Cacat Penguat Berlebihan .....	18
Gambar 2.14	Cacat <i>Elongated Slag In</i> .....	18
Gambar 2.15	<i>HAZ</i> .....	20
Gambar 2.16	Rumus <i>HAZ</i> .....	20
Gambar 2.17	Pesawat <i>Gamma Ray</i> .....	22
Gambar 2.18	Sumber Radioaktif <i>Isotop</i> Material .....	23
Gambar 2.19	Skema Pengujian Radiografi .....	24
Gambar 2.20	<i>Internal Source Image</i> .....	24
Gambar 2.21	<i>Internal Film Technique</i> .....	25
Gambar 2.22	<i>Panaromic Technique</i> .....	25
Gambar 2.23	Penyinaran Menggunakan <i>Film</i> Radiografi. ....	26
Gambar 2.24	Penampang <i>Film</i> Radiografi Dan Jenis Bagiannya.....	26
Gambar 2.25	Struktur Butir <i>Film</i> .....	28
Gambar 2.26	Skema Diagram Pemrosesan <i>film</i> Radiografi.....	30
Gambar 2.27	Pantulan Sinar Pengamatan Metalografi .....	31
Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> Diagram.....	34
Gambar 3.2	Dimensi Material .....	35
Gambar 3.3	Sudut <i>Groove</i> 60 <sup>0</sup> dengan tebal 6 mm .....	35
Gambar 3.4	Material dengan Kampuh 60 <sup>0</sup> .....	36
Gambar 3.5	Proses Pengelasan.....	37
Gambar 3.6	<i>Tank Ampere</i> .....	37

Gambar 3.7	Alat Uji Radiografi Ir-192 .....	38
Gambar 3.8	Pemberian Identitas pada Spesimen .....	39
Gambar 3.9	Spesimen Uji Radiografi .....	40
Gambar 3.10	<i>Wire Image Quality Indicator</i> .....	42
Gambar 3.11	Spesimen Siap Uji Radiografi .....	43
Gambar 3.12	<i>Frame</i> Untuk Penyelupan <i>Film</i> .....	44
Gambar 3.13	<i>Developer, Stop Bath, Fixer</i> .....	45
Gambar 3.14	<i>Viewer</i> .....	45
Gambar 3.15	Spesimen Sebelum Di Etsa.....	46
Gambar 3.16	Alat Untuk Proses Etsa.....	46
Gambar 3.17	Bahan Untuk Etsa .....	47
Gambar 3.18	Kertas Gosok .....	47
Gambar 4.1	Hasil Lasan Netral .....	50
Gambar 4.2	Film Hasil Uji Radiografi Lasan Netral .....	50
Gambar 4.3	Hasil Lasan Oli .....	51
Gambar 4.4	Film Hasil Uji Radiografi Lasan Oli .....	51
Gambar 4.5	Hasil Lasan Air.....	52
Gambar 4.6	Film Hasil Uji Radiografi Lasan Air .....	52
Gambar 4.7	Hasil Lasan Stempet .....	53
Gambar 4.8	Film Hasil Uji Radiografi Lasan Stempet .....	53
Gambar 4.9	Foto Dimensi Makro Spesimen Hasil Lasan Tanpa Lapisan .....	56
Gambar 4.10	Foto Dimensi Makro Spesimen Hasil Lasan dengan Lapisan Oli .....	57
Gambar 4.11	Foto Dimensi Makro Spesimen Hasil Lasan dengan Lapisan Air.....	57
Gambar 4.12	Foto Dimensi Makro Spesimen Hasil Lasan dengan Lapisan Stempet .....	57
Gambar 4.13	Dimensi Perhitungan Lebar HAZ.....	58
Gambar 4.13	Grafik Hasil Rata - Rata Luasan <i>HAZ</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Digit Keempat Tipe Selaput dan Arus Listrik. ....	10
Tabel 2.2	Nilai <i>Chemical Composition</i> . ....	12
Tabel 2.3	Sifat Mekanik SA 36. ....	12
Tabel 2.4	Karakteristik dari 5 Elemen pada baja. ....	12
Tabel 2.5	Klasifikasi <i>film</i> menurut ASME V (ASTM) ....	27
Tabel 3.1	Pemilihan <i>image quality indicator</i> ....	40
Tabel 3.2	<i>Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity</i> .....	41
Tabel 4.1	Logam Induk dan Pengisi.....	49
Tabel 4.2	Data Primer Pengelasan .....	49
Tabel 4.3	Klarifikasi Cacat dari Hasil Uji Radiografi.....	55
Tabel 4.4	Klasifikasi Kehitaman (Density) dan Sensitivitas <i>Film</i> .....	56
Tabel 4.5	Pengaruh Lapisan Pengotoran Terhadap Lebar <i>HAZ</i> .....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Berkembangnya teknologi di zaman *modern*, tentu sangat membantu dalam keperluan sehari-hari. Saat ini teknologi dapat menyelesaikan pekerjaan dengan mudah dan cepat. Seperti dalam sebuah pabrik yang mana harus memproduksi barang dengan kapasitas banyak serta jangka waktu cepat. Sedikit kemungkinan untuk berhasil. Sama halnya dengan dunia pengelasan, saat ini untuk menggabungkan dua atau lebih material sangat mudah dengan menggunakan proses pengelasan. *SMAW (Shielded Metal Arc Welding)* atau biasa dikenal dengan las listrik pada umumnya digunakan untuk proses penyambungan konstruksi logam dari material baja karbon dan baja berkekuatan tarik tinggi. Pengelasan *SMAW* memiliki banyak pilihan prosedur dalam pengerjaannya sesuai dengan spesifikasi material logam yang akan dikerjakan. Namun apabila diteliti lebih jauh, maka didalamnya terdapat banyak permasalahan yang harus segera diatasi.

Tidak dipungkiri cacat pada hasil pengelasan sering terjadi dengan bermacam jenis cacat. Dan saat ini pengujian cacat las masih lemah, karena cacat yang terjadi secara menyeluruh pada bagian dalam lasan. Untuk dapat menganalisa cacat tersebut salah satu metode yang ditawarkan yaitu *Radiography Test*. Untuk menganalisa struktur makro pada spesimen tersebut melalui *Macro Etsa*, kegunaannya untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pada material ST 37 menggunakan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dengan pelapisan berupa oli, air, stempet dan netral (tanpa lapisan).

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang terdapat pada tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan tersebut adalah:

1. Bagaimana pengaruh pengotoran permukaan benda kerja terhadap cacat dengan *Radiography Test* pada lapisan air, oli, stempet dan netral pada material ST 37 hasil pengelasan SMAW.
2. Bagaimana pengaruh pengotoran permukaan benda kerja terhadap lebar HAZ dengan *Macro Etsa Test* pada lapisan air, oli, stempet dan netral pada material ST 37 hasil pengelasan SMAW.

## 1.3 Batasan Masalah

Mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan tugas akhir ini, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material awal yang digunakan homogen.
2. Menggunakan proses SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dengan posisi IG.
3. Material yang digunakan adalah ST 37 dengan dimensi 200 mm x 100 mm dan tebal 10 mm.
4. Elektroda yang digunakan adalah E 6013 dengan diameter 3.2 mm.
5. *Ampere* yang digunakan adalah 130 *Ampere* dan kampuh yang digunakan adalah *single V groove* 120°.
6. Variasi lapisan fluida yaitu, tanpa lapisan (netral), air, oli dan stempet. Dengan cara dioleskan pada permukaan V *groove*.
7. Pengujian yang dilakukan adalah *Radiography* dan *Macro Etsa*.
8. Menggunakan *gamma-ray* Ir-192.
9. Menggunakan metode *film side*.
10. Menggunakan *wire* IQI ASTM SET 1B.
11. Teknik penyinaran menggunakan SWSV.
12. *Film* pendek tipe sedang AGFA *structurix* D7.
13. Menganalisa hasil *film* berdasarkan ASME Sec.V

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Mengetahui pengaruh pengotoran permukaan benda kerja terhadap cacat hasil lasan melalui *Radiography Test* pada variasi lapisan air, oli, stempet dan netral.
2. Mengetahui pengaruh pengotoran benda kerja terhadap lebar *HAZ* hasil lasan melalui *Macro Etsa Test* pada variasi lapisan air, oli, stempet dan netral.

## 1.5 Manfaat

Dari penelitian ini, penulis mengharapkan manfaat dengan memberikan pemahaman tentang proses pengelasan *SMAW* serta pemanfaatan *Radiography* dan uji *Macro Etsa* dalam menganalisa cacat lasan secara internal. Serta data - data yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi teknisi las.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan Penelitian ini adalah :

### 1. Studi Literatur

Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan pengujian berupa *Radiography* dan *Macro Etsa*.

### 2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing

Dalam penulisan Penelitian ini perlu mengadakan konsultasi atau respon dengan dosen pembimbing.

### 3. Observasi Data

Melakukan observasi data-data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.

### 4. Analisa Data



Menganalisa hasil *Radiography* dan struktur makro yang terjadi pada bagian logam *HAZ*, *Weld Metal* dan *Base Metal* setelah dilakukan pengelesan dengan dilapisi variasi air, oli, stempet dan netral pada permukaan benda kerja.

#### 5. Membuat Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan penelitian dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini.

#### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian *Radiography* dan pengujian *Macro Etsa*.

#### **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

#### **LAMPIRAN**

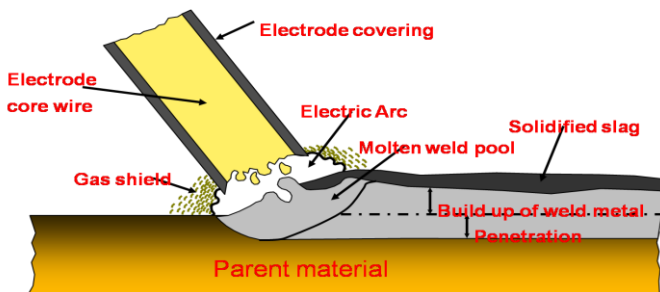
## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan ( *Welding* ) adalah penyambungan dua atau lebih bahan dengan cara memanaskan permukaan sampai mencair dengan atau tanpa logam pengisi (*filler*) dan dengan atau tanpa tekanan. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan.

### 2.2 Shielded Metal Arc Welding ( SMAW )

SMAW adalah suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah - daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. Proses pengelasan dengan process SMAW dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus AC dan DC. *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda.



**Gambar 2.1** Proses Pengelasan SMAW

### **2.2.1 Shielded Metal Arc Welding ( SMAW ) AC**

Untuk arus *AC (Alternating Current)*, pada *voltage drop* panjang kabel tidak banyak pengaruhnya, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai, Secara teknik *arc starting* lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil.

### **2.2.2 Shielded Metal Arc Welding ( SMAW) DC**

Pada arus *DC (Direct Current)*, *voltage drop* sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, *arc starting* lebih mudah terutama untuk arus kecil, mayoritas industri fabrikasi menggunakan *polarity DC* khususnya untuk pengelasan *carbon steel*, namun pada prinsipnya *DC polarity* dibagi kedalam dua bagian, yaitu:

#### **1. DCSP (Direct Current Straight Polarity)**

Prinsip dasarnya material dasar atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari travo, dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las *DC*. Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodanya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam.

#### **2. DCRP (Direct Current Reversed Polarity)**

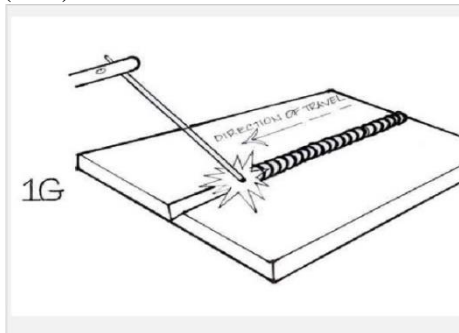
Material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las *DC*, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas berada di elektroda dan 1/3 panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan

elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal.

### 2.3 Posisi Pada Pengelasan

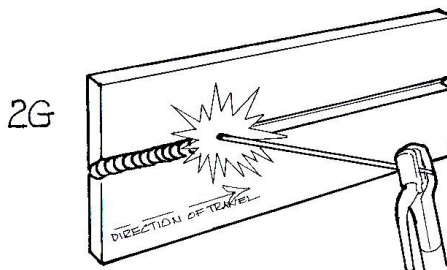
Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Adapun posisi terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi ( 1G )



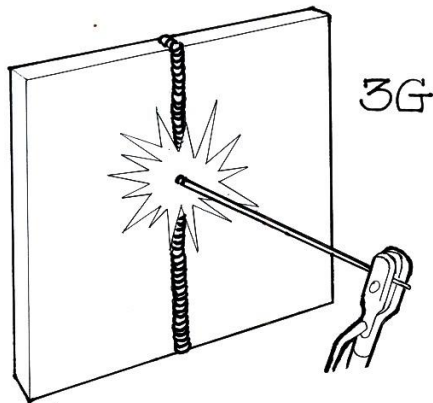
**Gambar 2.2** Posisi pengelasan 1G

- Posisi ( 2G )



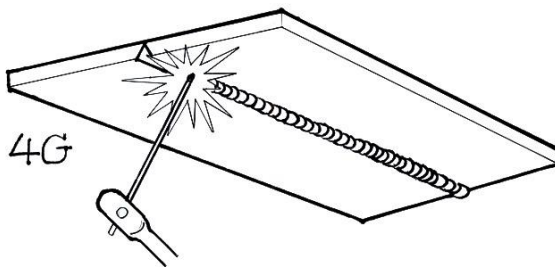
**Gambar 2.3** Posisi pengelasan 2G

- Posisi ( 3G )



**Gambar 2.4** Posisi pengelasan 3G

- Posisi ( 4G )



**Gambar 2.5** Posisi pengelasan 4G

## 2.4 Heat Input

*Heat Input* adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan (voltase) listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (*heat input*). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

Masukan panas : 
$$HI = \frac{V \times I \times 60}{s} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:  $HI = \text{Masukan panas atau energi ( J/mm )}$   
 $I = \text{Arus ( Ampere )}$   
 $V = \text{Voltase ( Volt )}$   
 $s = \text{Kecepatan pengelasan ( mm/s )}$

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

## 2.5 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda

dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh : E 60 1 3

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

60 : (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ksi.

1 : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.

3 : (angka keempat) menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

**Tabel 2.1** Karakteristik Digit Keempat Tipe Selaput dan Arus Listrik

ANGKA	SUMBER ARUS		POLARITAS ELEKTRODA		TIPE SALURAN	DAYA TEMBUS	KADAR SERBUK BESI
1	AC	DC	+		Cellulose potasium	Kuat	
2	AC	DC		-	Rutile Sodium	Medium	0-10%
3	AC	DC	+	-	Rutile Potasium	Lunak	0-10%
4	AC	DC	+	-	Rutile Iron	Lunak	30-50%

					Powder		
5		DC	+		Low Hydrogen Sodium	Medium	
6	AC	DC		-	Low Hydrogen Potassium	Medium	
7	AC	DC	+	-	Iron Oxyde, Iron Powder	Lunak	50%
8	AC	DC	+		Low Hydrogen, Iron Powder	Medium	30-50%
9	AC	DC					
E6010		DC	+		Cellulose Sodium	Kuat	0-10%
E6020	AC	DC		-	Iron Oxyde Sodium	Medium	0-10%
E6030	AC	DC		-	Iron Oxyde	Lunak	



## 2.6 Material ST 37

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material ST 37. Untuk komposisi kimia dan sifat mekaniknya dapat dilihat pada data dibawah ini:

**Tabel 2.2** Nilai *Chemical Composition*

Steel grade	Equivalent standard EN 10025	Weight of elements (%)					
		C (max)	Si	Mn	P(max)	S (max)	N (max)
St 37	S 235JR	0.20	0.15-0.35	0.35-0.75	0.050	0.050	0.011
St 44	S 275JR	0.23	0.15-0.45	0.35-0.90	0.050	0.050	0.011
St 52	S 355JR	0.23	≤0.60	≤1.60	0.045	0.045	-

**Tabel 2.3** Sifat Mekanik ST 37

Steel grade	Tensile test			Cold bend test at angle of 180°
	Min. yield point Y.P N/(mm) <sup>2</sup>	Tensile strength U.T.S N/(mm) <sup>2</sup>	Min. Elongation δ <sub>5</sub> %	Bend mandrel diameter in terms of specimen thickness
St 37	235	360-510	26	1 S*
St 44	275	430-580	22	2.5 S*
St 52	355	510-680	22	2.5 S*

S\*:Tested specimen thickness

**Tabel 2.4** Karakteristik dari 5 elemen pada baja

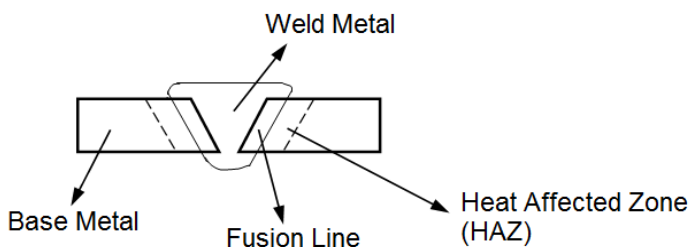
Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik, kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat mampu las yang lebih baik.
Silikon	Si	Baja dengan	Penambahan

		kandungan silikon tinggi sukar diroll. Sehingga kandungan silikon tidak boleh lebih dari 0,3%. Penambahan sekitar 0,3% silikon menaikkan sedikit kekuatan dan kekerasan.	silikon 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las.
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan kekerasan baja. Normalnya, baja mengandung 0,2% - 0,8% mangan.	Penambahan mangan menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya tidak lebih dari 1,5%.
Fosfor	P	Untuk baja, fosfor adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak dingin.	Karena penambahan fosfor mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%.
Belerang	S	Untuk baja, belerang adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak panas.	Karena penambahan belerang mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh

			<p>lebih dari 0,04%.</p> <p>Kandungan belerang yang lebih tinggi juga menyebabkan pembentukan ikatan belerang yang menyebabkan baja retak.</p>
--	--	--	--

## 2.7 HAZ (*Heat Affected Zone*)

Pengelasan logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu pertama daerah logam induk merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur, kedua adalah daerah terpengaruh panas atau disebut *heat affected zone (HAZ)* merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan. HAZ merupakan daerah yang paling kritis dari sambungan las, karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ dipengaruhi oleh lamanya pendinginan dan komposisi logam las



**Gambar 2.6** Daerah HAZ

## 2.8 Cacat pada Pengelasan

Jenis cacat permukaan las:

- **Lubang Jarum (*Pin Hole*)**

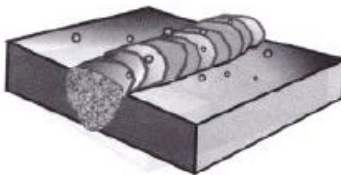
Disebabkan karena terbentuknya gas di dalam bahan las sewaktu pengelasan akibat kandungan belerang dalam bahan. Akibatnya Kemungkinan bocor di lokasi cacat. Penanggulangannya yaitu *Gouging* 100% di lokasi cacat dan perbaiki sesuai pembuatan prosedur pengelasan (WPS) asli.



**Gambar 2.7** Cacat Lubang Jarum

- **Percikan Las (*Spatter*)**

Disebabkan oleh elektrode yang lembab, kampuh kotor, angin kencang, lapisan galvanisir, ampere *capping* terlalu tinggi. Akibatnya lasan tampak jelek, mengalami karat permukaan. Penanggulangannya cukup dibersihkan dengan pahat. Pembersih dengan gerinda tidak boleh mengingat akan memakan bahan induk.

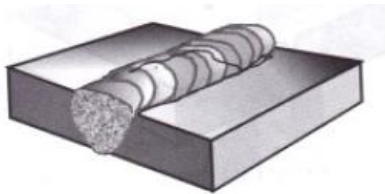


**Gambar 2.8** Cacat Percikan Las

- **Retak (*Crack*)**

Disebabkan tegangan di dalam material, penggetasan pada bahan dan daerah terimbas panas, karat tegangan, bahan tidak cocok dengan kawat las, pengelasan tanpa perlakuan

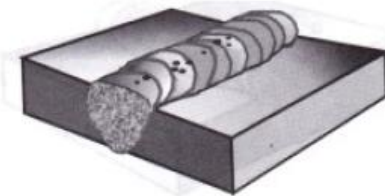
panas yang benar. Akibatnya akan fatal. Penanggulangan dapat diselidiki dulu sebabnya, setelah diketahui baru ujung-ujung retak dibor dan bagian retak dikikis (*gouging*) 100% kemudian diisi dengan bahan yang cocok sesuai dengan pembuatan prosedur pengelasan (WPS). Jika sebabnya adalah ketidakcocokan materil atau retak berada di luar kampuh, maka seluruh sambungan las berikut bahannya diganti.



**Gambar 2.9** Cacat Retak (*Crack*)

- **Keropos (*Porosity*)**

Disebabkan Lingkungan las yang lembab atau basah, kampuh kotor, angin berhembus dipermukaan las, lapisan galvanis, salah jenis arus, salah jenis polaritas, ampere *capping* terlalu besar. Akibatnya melemahkan sambungan, tampak buruk, mengawali karat permukaan. Penanggulangannya yaitu cacat digerinda hingga hilang kemudian dilas isi sesuai dengan pembuatan prosedur pengelasan (WPS).



**Gambar 2.10** Cacat Keropos (*Porosity*)

- **Muka Cekung (*Concavity*)**

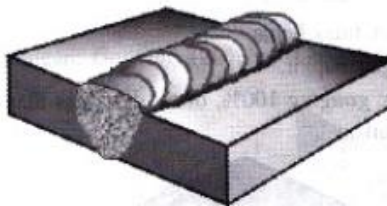
Disebabkan kecepatan pengelasan terlalu tinggi, ampere *capping* terlalu tinggi, kecepatan las *capping* juga terlalu tinggi, elektroda terlalu kecil, bukaan sudut kampuh terlalu besar. Akibatnya melemahkan sambungan lasan, mengawali karat permukaan, dapat terjadi keretakan akibat tegangan geser. Penanggulangannya cukup di sempurnakan bentuk *capping* dan sedikit penguat.



**Gambar 2.11** Cacat Cekung (*Concavity*)

- **Longsor Pinggir (*Undercut*)**

Disebabkan suhu metal terlalu tinggi, ampere *capping* yang terlalu tinggi. Akibatnya melemahkan sambungan, mengawali karat pada permukaan lasan. Penanggulangannya cukup diisi dengan *stringer* saja. *Undercut* yang tajam seperti takik, dilarang (harus segera diperbaiki) karena dapat menyebabkan keretakan *notch*.



**Gambar 2.12** Cacat Longsor Pinggir (*Undercut*)

- **Penguat Berlebihan (*Excessive Reinforcement*)**

Disebabkan elektrode terlalu rapat, kecepatan *capping* terlalu rendah, ampere *capping* terlalu rendah, suhu

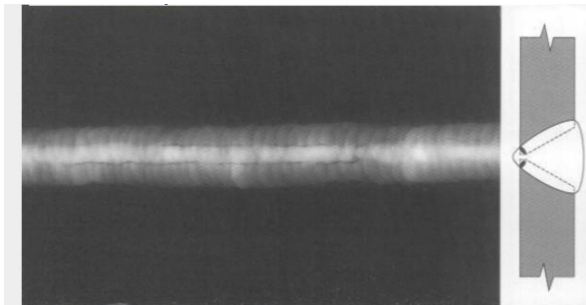
metal terlalu dingin. Akibatnya diragukan fusi dan kekuatannya, perlu diuji ultrasonik proba sudut (*angle probe*), jika ternyata fusi tidak ada, seluruh sambungan diapkir. Penanggulangannya *gounging* 100% dan dilas ulang sesuai dengan pembuatan prosedur pengelasan (WPS).



**Gambar 2.13** Cacat Penguat berlebihan (*Excessive Reinforcement*)

- ***Elongated Slag In***

Kotoran yang solid pada permukaan setelah pengelasan dan tidak dilepas di antara lintasan. Memanjang, sejajar atau satu garis kerapatan yang lebih gelap, tidak beraturan lebar dan sedikit berkelok-kelok di arah yang memanjang.



**Gambar 2.14** Cacat *Elongated Slug In*

## 2.9 Pengujian Material

Proses pengujian material adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang

meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur mikro dan makro. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1. DT (*Destructive Test*), yaitu adalah proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam yang diuji.
2. NDT (*Non Destructive Test*), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji.
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

Penjelasan mengenai pengujian logam akan dijelaskan lebih lanjut. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai ketiga metode pengujian logam.

### **2.10 *Metallography Test***

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography. Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logam dengan unsur-unsur tertentu seperti titanium, tembaga yang bertujuan untuk memperkuat dan menambah ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti *engine block*, piston dan lain - lain.

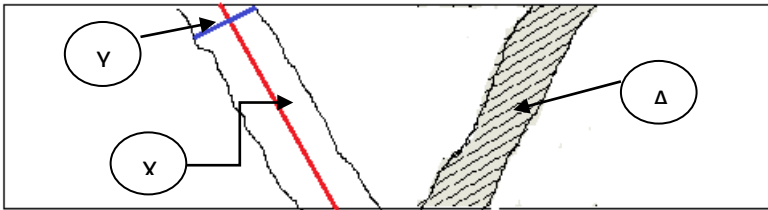
Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optis dan mikroskop elektron dengan perbesaran 50 sampai 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

Pengujian metalografi dibagi menjadi dua jenis yaitu pengujian makro dan pengujian mikro.



### 2.10.1 Pengujian Makro

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu. Untuk mengetahui lebar dari masing-masing *HAZ* dilakukan permisalan yang akan dijelaskan pada gambar berikut.



**Gambar 2.15 HAZ**

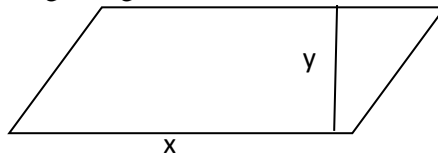
Keterangan :

A = Luas *HAZ* (daerah yang diarsir)

X = Panjang acuan *HAZ* (garis warna merah)

Y = Lebar rata-rata *HAZ* ( garis biru)

Untuk mengetahui lebar dari *HAZ*, Luasan dari *HAZ* harus dicari terlebih dahulu lalu dimasukan rumus jajar genjang sebagai acuan untuk menghitung dari lebar *HAZ*.



**Gambar 2.16 Rumus HAZ**

Luas = Panjang x Tinggi

x = Panjang

y = Tinggi

Maka ketika luas dari *HAZ* sudah diketahui, acuan dari panjang bidang harus diketahui untuk mencari lebar dari keseluruhan *HAZ* dalam satu bidang

$$\text{Maka : } y = \frac{\text{Luas}}{x}$$

### 2.11 NDT (*Non Destructive Test*)

*NDT* adalah suatu cara pengujian dengan tidak merusak benda yang akan diuji, di dalam *NDT* terdapat metode - metode untuk pengujian tersebut salah satunya adalah *NDT* Radiografi. Kelebihan dari *NDT Radiography* ini yaitu dapat diaplikasikan untuk segala jenis material, tetapi memiliki kekurangan waktu operasi yang lama untuk material yang tebal.

- **Pengujian *Radiography***

Radiografi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (*NDT*). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian bahan tanpa merusak bahan yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari bahan tersebut, selama dan setelah pengujian tidak mengalami perubahan. Uji radiografi bertujuan untuk melihat cacat di dalam *weld metal* yang tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang. Pengujian radiografi pada dasarnya adalah penyinaran benda uji dengan sinar bertenaga tinggi seperti X-ray dan *gamma ray*. Metode pengujian radiografi yaitu memancarkan sinar-sinar elektromagnetik (sinar- $\chi$  dan sinar- $\gamma$ ) ditembuskan kepada bahan lalu direkam dalam film khusus. Dari hasil rekaman film akan dapat diamati diskontinuiti bahan juga dapat diperoleh hasil rekaman yang permanen.

- **Sinar- $\chi$**

Sinar- $\chi$  dihasilkan oleh electron dengan kecepatan sinar tinggi. Energy ini kemudian diubah ke panasdan menghasilkan sinar- $\chi$ . Electron ini diarahkan ke cermin (target) dalam ruang hampa dan sinar tersebut memantul lagi

melalui lubang tabung dan diteruskan menuju komponen yang diperiksa. Cara pemeriksaan yaitu bahan ditempatkan diantara tabung sinar- $\gamma$  dan film. Jika bahan tersebut berat dan jenisnya sama seluruhnya, film akan menerima pecahannya yang merata. Akan tetapi kalau ada cacat, seperti lubang didalam hasil penuangan atau dalam pengelasan, maka jika film tersebut dicuci akan terlihat noda hitam.

- **Sinar- $\gamma$  (Gamma)**

Metode ini secara fundamental mirip dengan metode sinar- $\chi$ , tetapi perbedaannya adalah sumber cahayanya. Sumber cahaya gamma dihasilkan dari sumber radiasi yang dihasilkan dari isotop radioaktif dari sebuah reactor nuklir. Tidak seperti sinar- $\chi$  yang mempunyai cahaya lurus, sinar gamma ini dapat mengarah ke segala arah. Cara pemeriksaanya adalah film ditempatkan di bagian belakang benda. Apabila bahan tersebut cacat di bagian dalam maka bila filmnya dicuci akan tampak cacat hitam.

- **Pesawat *Gamma ray***

Mesin ini digunakan untuk menyimpan, mengirim dan menyinari suatu objek yang dimana mesin tersebut berisikan sinar radioaktif. Fungsi untuk mengurangi paparan radiasi selama penggunaannya, seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 2.17** Pesawat *gamma-ray*

- **Sumber Radioaktif *Gamma Ray***

Tidak seperti yang sumbernya dihasilkan oleh mesin yang dialiri listrik, *Gamma ray* menggunakan *radioisotope* yang digunakan untuk menyimpan sumber. Radioisotope yang digunakan dimasukkan kedalam kapsul untuk mencegah kebocoran radiasi. Setelah *radioisotope* dimasukkan kedalam kapsul barulah kapsul diberi muatan atau sumber yang berfungsi sebagai pemancar saat digunakan untuk pengujian radiografi. Kapsul tersebut digunakan sebagai kabel untuk membentuk “*Pigtail*”, *Pigtail* mempunyai konektor khusus pada ujungnya yang menyambungkan ke kabel yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari kamera *gamma ray*.

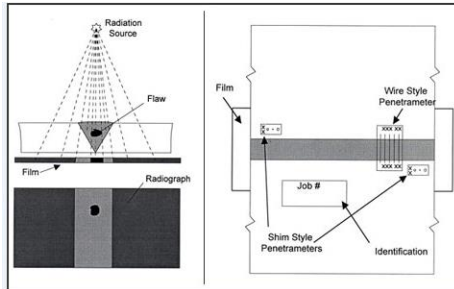


**Gambar 2.18** Sumber Radioaktif *Isotop Material*

Untuk keperluan pengujian tidak merusak dengan sendirinya harus menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur beberapa hari. Dalam hal ini biasanya digunakan *isotop- isotop cobalt (Co)* dan *iridium (Ir)*. Karena radioisotop selalu memancarkan sinar-  $\gamma$  maka apabila tidak dipakai harus di simpan dalam tabung pelindung yang terbuat dari timbal dan paduan *wolfarm*.

- **Prinsip Kerja Radiografi**

Material yang akan dilakukan pengujian diletakkan dibawah sumber radiasi. Ketika sumber sinar- $\gamma$ / *gamma ray* dipancarkan ke material maka, radiasi akan menembus mataerial, bagian terdalam material yang terdapat cacat maka akan terekam film yang berwarna lebih gelap, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.19** Skema pengujian radiografi

- **Metode Pengujian Radiografi**

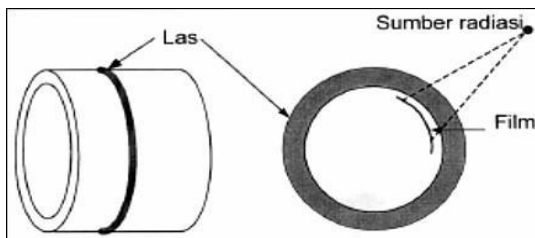
Dalam pengujian radiografi ini memiliki berbagai ragam metode bentuk pengujian sesuai kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi ataupun produk untuk mempermudah dalam melakukan pengujian radiografi tersebut yaitu :

*Single wall single viewing (SWSV)*

Teknik penyinaran dengan melewati radiasi pada suatu dinding las benda uji dan pada *film* tergambar satu bagian dinding las untuk di interpretasi. Teknik *single wall single viewing* meliputi:

*Internal source technique*

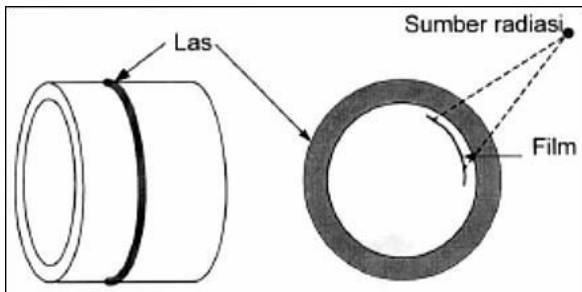
Teknik ini dapat dilakukan dengan meletakkan sumber radiasi di dalam benda uji dan *film* di luar benda uji seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.20** *Internal source image*

### *Internal Film Technique*

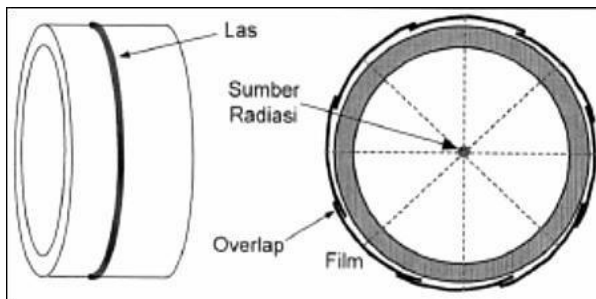
*Film* di dalam benda uji dan sumber radiasi di luar benda uji. Biasanya teknik ini dilakukan ketika benda uji cukup besar dimana diameter dalam benda uji minimal sama dengan *source film distance* minimal dan ada akses masuk kedalam pipa, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah berikut.



**Gambar 2.21** *Internal film technique*

### *Panaromic Technique*

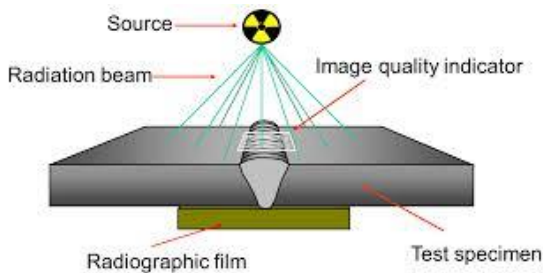
Teknik ini dilakukan dengan menempatkan sumber di sumbu benda uji untuk mendapatkan *film* hasil radiografi sekeliling benda uji dengan sekali penyinaran, seperti yang di tunjukkan pada gambar dibawah berikut.



**Gambar 2.22** *Panaromic technique*

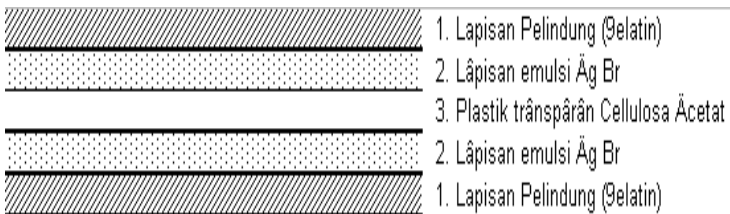
- **Film Radiografi**

Salah satu alat yang digunakan dalam pengujian radiografi adalah *film*. *Film* berfungsi untuk merekam gambar benda uji yang diperiksa. Bahan dasar *film* terbuat dari bahan sejenis plastik transparan yaitu *cellulosa acetat*, yang mempunyai sifat *fleksibel*, ringan, tidak mudah pecah dan tembus cahaya. Kedua permukaannya dilapisi suatu emulsi yang mengandung persenyawaan AgBr (perak bromida), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin, seperti pada gambar dibawah menunjukkan penyinaran menggunakan *film*.



**Gambar 2.23** Penyinaran menggunakan *Film Radiografi*

Secara detail nama-nama bagian *film* radiografi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.24** Penampang *film* radiografi dan jenis bagiannya

- **Klasifikasi jenis *film* radiografi**

*Film* radiografi diklasifikasikan dengan cara mengkombinasikan faktor – faktor dan karakteristik *film*. Contoh klasifikasi *film* dapat dilihat pada Table 2.6 berikut.

**Tabel 2.5** Klasifikasi *film* menurut ASME V (ASTM)

No	Kelas	Kecepatan	Kontras	Grainess
1	Spesial	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
2	I	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
3	II	Sedang	Tinggi	Rendah
4	III	Tinggi	Sedang	Tinggi

Setiap perusahaan *film* memproduksi berbagai macam jenis *film* yang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Film screen fluorescent* yaitu *film* yang dalam penggunaannya memerlukan *screen* pengintensif *fluorescent* dan dapat menghasilkan *film* dengan penyinaran yang minimum.
2. *Film* langsung yaitu *film* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan *screen* atau untuk penyinaran menggunakan *screen* timbal.

- **Pemilihan *film* radiografi**

Pemilihan *film* untuk radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda. Faktor tersebut harus dipertimbangkan saat memilih *film* dan mengembangkan teknik radiografi. Faktor – faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Komposisi, bentuk, dan ukuran dari bagian yang akan diperiksa. Pada beberapa kasus dipertimbangkan pula berat dan lokasinya.
2. Tipe dari radiasi yang digunakan seperti sinar- $\gamma$  dari sumber radioaktif atau sinar-x dari sistem pembangkit

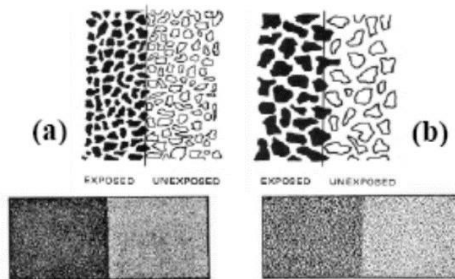


sinar-x.

3. Intensitas dari sumber radiasi sinar- $\gamma$  atau tegangan yang tersedia dari pesawat sinar-x.
4. Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan ekonomi.

Pemilihan *film* untuk radiografi pada benda uji terutama tergantung dari ketebakan dan jenis material yang diuji serta rentang intensitas sumber ( $C_i$ ) yang tersedia pada sumber *gamma-ray*. Pemilihan *film* juga tergantung kepada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu penyinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan *film* lambat (*film* dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Jika menginginkan waktu penyinaran yang pendek maka digunakan *film* cepat.

Untuk detail butiran *film* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Butiran *film* mempengaruhi *definition film* radiografi. *Film* berbutir besar (*film* cepat) seringkali dipakai untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan *film* berbutir kecil (*film* lambat) menghasilkan *definition* terbaik.



**Gambar 2.25** Struktur butir *film* lambat (a) dan *film* cepat (b)

- **Pemrosesan *film* radiografi**

Saat eksposur selesai dilakukan, selanjutnya *film* diproses sehingga citra *laten* yang dihasilkan oleh radiasi akan nampak. Pada dasarnya terdapat tiga larutan pemroses yang dipakai untuk mengubah suatu *film* yang telah terekspose menjadi *film* radiografi. Langkah-langkah pemrosesan *film* berdasarkan urutan larutan yang digunakan

adalah sebagai berikut.

1. *Developer*

*Developer* adalah suatu larutan kombinasi zat kimia yang masing-masing memiliki fungsi penting. Salah satu zat kimianya adalah *reducer* yang terbuat dari *metol* atau *hydroquinone*. Fungsinya adalah untuk mereduksi butiran perak bromida yang terekspos menjadi logam perak berwarna hitam. Seluruh bagian *film* tidak berubah menjadi hitam karena *reducer* dapat membedakan antara butiran yang terekspos dengan yang tidak terekspos. Densitas (tingkat kegelapan) ditentukan oleh jumlah butiran perak bromida yang direduksi oleh *developer*.

2. *Stop Bath*

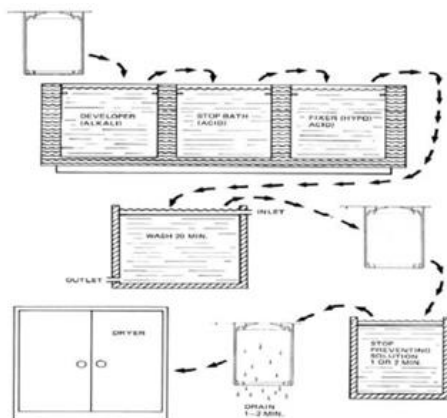
Apabila sebuah *film* dikeluarkan dari dalam larutan *developer* maka sejumlah kecil larutan basa akan tertinggal di *film* tersebut. Zat kimia yang digunakan di dalam *stop bath* biasanya adalah asam asetat glasial. *Stop bath* memiliki dua fungsi yaitu:

- Menghentikan aksi *developing* dengan cara menetralkan zat basa *developer* (basa dan asam saling menetralkan).
- Menetralkan zat basa *developer* sebelum *film* dimasukkan ke dalam cairan *fixer* sehingga memperpanjang usia *fixer*.

3. *Fixer*

*Fixer* secara permanen mengefixkan citra pada *film*. Di dalam *developer*, butiran perak bromida direduksi menjadi logam perak. *Fixer* menghilangkan semua butiran perak yang tidak terekspos dari dalam *film*. Di dalam proses *fixing* terdapat dua tahap yang terpisah. Setelah pemrosesan dengan zat kimia, *film* dicuci dan dikeringkan. *Film* tersebut kadang kala dicelupkan dalam suatu larutan untuk mencegah timbulnya bintik-bintik air. Larutan ini membuat air mudah membasahi *film* dan menghasilkan pengeringan merata. Untuk detailnya dapat

dilihat pada Gambar 2.21 dibawah ini.



**Gambar 2.26** Skema diagram pemrosesan *film* radiografi

## 2.12 Etsa (*Etching*)

Etsa pada dasarnya adalah proses korosi atau mengkorosikan permukaan spesimen yang telah rata menjadi tidak rata lagi. Ketidakrataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda, sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Untuk beberapa material, mikrostruktur baru muncul jika diberikan zat etsa. Sehingga perlu pengetahuan yang baik untuk memilih zat etsa yang tepat. Proses etsa dibedakan menjadi dua, yaitu:

### 1. Etsa Kimia

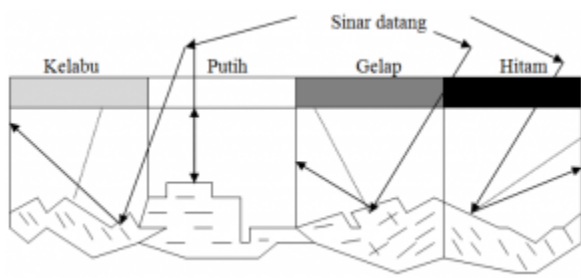
Merupakan proses pengetsaan dengan menggunakan larutan kimia dimana zat etsa yang digunakan ini memiliki karakteristik tersendiri sehingga pemilihannya disesuaikan dengan sampel yang akan diamati. Contohnya yaitu nitrit acid / nital (asam nitrit + alkohol 95%), picral (asam picric + alkohol), ferric chloride, hydrofluoric acid, dll. Perlu diingat bahwa waktu etsa jangan terlalu lama (umumnya sekitar 4-30 detik) dan setelah dietsa segera dicuci dengan air mengalir lalu

dengan alkohol, kemudian dikeringkan dengan alat pengering.

## 2. Etsa Elektrolitik (elektro etsa)

Merupakan proses etsa dengan menggunakan reaksi elektroetsa. Cara ini dilakukan dengan pengaturan tegangan dan kuat arus listrik serta waktu pengetsaan. Etsa jenis ini biasanya khusus untuk stainless steel karena dengan etsa kimia susah untuk mendapatkan hasil detail strukturnya.

Setelah permukaan spesimen di etsa, maka spesimen tersebut siap untuk diamati di bawah mikroskop dan pengambilan foto metalografi. Pengamatan metalografi pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, terang). Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan spesimen maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena sinar. Semakin tidak rata permukaan, maka semakin sedikit intensitas sinar yang terpantul ke dalam mikroskop. Akibatnya, warna yang tampak pada mikroskop adalah warna hitam. Sedangkan permukaan yang sedikit terkorosi akan tampak berwarna terang (putih) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.22 berikut.



**Gambar 2.27** Pantulan sinar pada pengamatan metalografi

## 2.13 Struktur Makro pada Pengelasan

Perubahan metalurgi yang terjadi di las dan HAZ signifikan mempengaruhi kualitas las. Berbagai macam perubahan yang mungkin terjadi tergantung pada berbagai faktor, misalnya :

- (a) Sifat material (yaitu fase tunggal, dua-fase)
- (b) Sifat *heat treatment* sebelumnya
- (c) Sifat *cold working* sebelumnya.

Mempertimbangkan las fusi dua potong bahan fase tunggal, yang telah di *cold working* untuk menghasilkan orientasi yang diinginkan. Butiran *cold working* menghasilkan kekuatan tinggi dan keuletan rendah. Namun, pada gabungan pengelasan, pertumbuhan butiran bercampur lagi terjadi di daerah HAZ, yang pada akhirnya menghasilkan kekuatan rendah. Daerah HAZ yang terkena panas, butiran menjadi kasar karena *heat input* (*annealing*), dan juga terjadi rekristalisasi parsial. Dengan meningkatnya jarak dari HAZ, butiran menjadi lebih halus sampai daerah panas HAZ terpengaruh dengan mencapainya butiran yang memanjang.

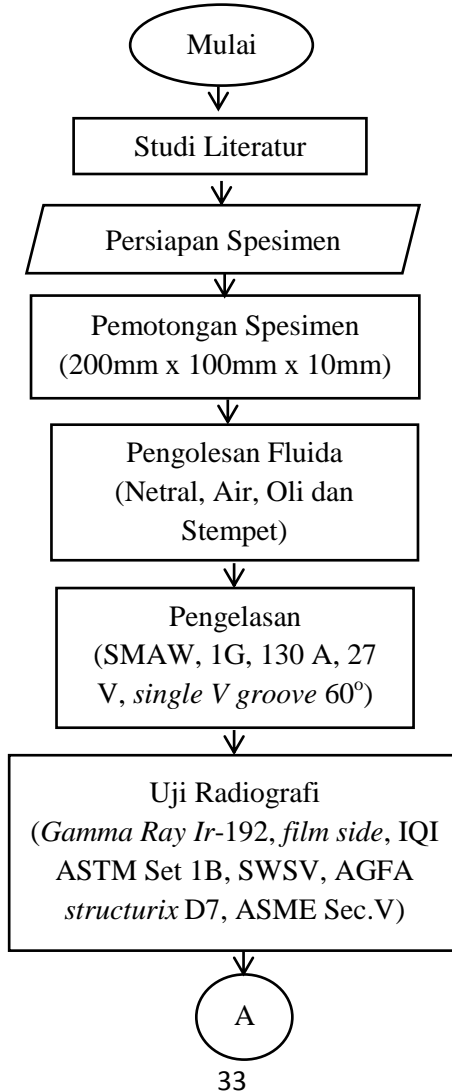
### 2.13.1 *Multilayer*

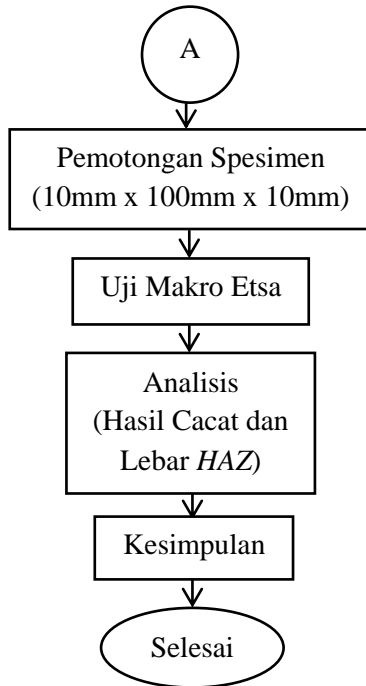
Pengelasan *multilayer* merupakan pengelasan berulang yang dilakukan pada suatu material yang memiliki ketebalan tertentu sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengelasan satu *layer*. Adanya pengelasan *multilayer* yang dilakukan pada setiap sambungan memberikan pengaruh terhadap laju pendinginan. Laju pendinginan yang terjadi dengan pengelasan *multilayer* yang diberikan memperkecil adanya gradien temperatur pada saat terjadi proses pembekuan. Dengan sedikitnya tegangan sisa dan fasa-fasa getas maka kekuatan tarik sambungan akan semakin tinggi dan nilai kekerasan akan menurun karena material bersifat *ductile*. Pengelasan pelat datar sering menggunakan *single layer* dan *multi layer*. Pengelasan *single layer* sering digunakan untuk pelat tipis. Dan pengelasan *multi layer* digunakan untuk pelat yang tebal.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 *Flow Chart* Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan *flow chart*, bisa dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini.





**Gambar 3.1** *Flow Chart* Diagram

### **3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian**

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017 yaitu pada bulan Maret sampai dengan Juni 2017.

### **3.3 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi D3 Teknik Mesin FTI-ITS dan *And Tech Lab*.

### **3.4 Langkah Kerja**

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang pemberian variasi yaitu oli, air, stempet dan netral serta pengujiannya pada cacat dan struktur makro, langkah selanjutnya yaitu

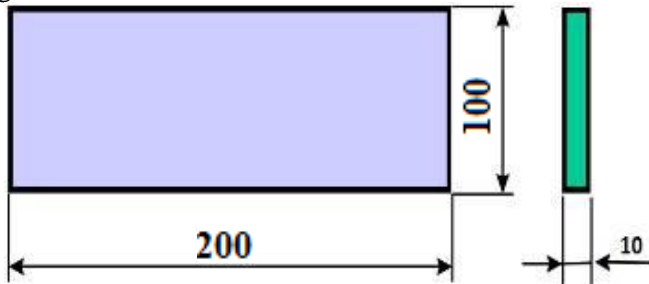
melakukan percobaan pada benda uji. Untuk memperjelas berikut tahapan tahapan yang akan dilakukan.

### 3.4.1 Studi Literatur

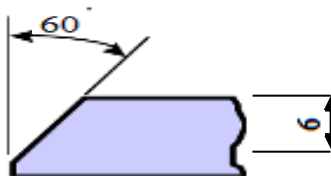
Tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

### 3.4.2 Persiapan dan Pemotongan Material

Material yang digunakan adalah *ST 37* dengan dimensi ukuran 200 mm x 100 mm dan tebal 10 mm. Dengan kampuh V menggunakan sudut single V *groove*  $60^{\circ}$  seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.2 Dimensi Material



Gambar 3.3 Sudut *groove*  $60^{\circ}$  dengan tebal 6mm





**Gambar 3.4** Material Dengan Kampuh  $60^{\circ}$

### **3.4.3 Pengelasan**

Pengelasan dilakukan menggunakan *SMAW (DC+)* posisi *1G* dalam penelitian kali ini terdapat perbedaan variasi, yaitu:

1. Variasi Air

Material yang akan di las diolesi oleh cairan air dengan ampere 130 A menggunakan *SMAW*.

2. Variasi Oli

Material yang akan di las diolesi oleh cairan oli dengan ampere 130 A menggunakan *SMAW*.

3. Variasi Stempet

Material yang akan di las diolesi oleh cairan oli dengan ampere 130 A menggunakan *SMAW*.

4. Variasi Netral

Material yang akan di las diolesi oleh cairan oli dengan ampere 130 A menggunakan *SMAW*.

Proses pengelasan dilakukan setelah dilakukannya pembuatan *V groove* pada masing-masing plat, berikut ini proses pengelasan yang dilakukan:



**Gambar 3.5** Proses Pengelasan



**Gambar 3.6** Tank *Ampere*

#### **3.4.4 Persiapan benda uji**

Spesimen yang diambil harus dari lokasi sampel, sehingga mereka mewakili bahan yang diuji. Dalam melakukan tes untuk menkan benda uji itu penting dan perlu diperhatikan ketebalannya, itu sehubungan dengan arah langkah kerja dari pengujian dan permukaanya, sehingga sesuai dengan aplikasinya.

#### **3.4.5 Pengujian Spesimen**

Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji *Radiography* dan Uji *Metalography Macro Etsa*.

##### **A. Pengujian Radiografi**

Untuk pengujian radiografi dilakukan pengambilan spesimen total 4 spesimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 4 spesimen yaitu spesimen yang

pengelasannya menggunakan lapisan oli, air, stempet dan netral (tanpa lapisan).



**Gambar 3.7** Alat uji radiografi Ir – 192

Langkah-langkah pengujian radiografi :

- 1) Menyiapkan spesimen
  - Ambil spesimen dan bersihkan dari kotoran
  - Bersihkan bekas-bekas *slug* yang masih menempel dengan sikat besi
  - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen
- 2) Pemberian identitas dan film pada spesimen
  - Ambil spesimen dan ukur dimensinya.
  - Menempelkan blok - blok huruf pada plester lalu ditempelkan dibagian belakang spesimen sebagai identitas yang akan tampak pada hasil radiografi.
  - Tempelkan film AGFA D7 pada specimen yang akan di uji radiografi.
  - Pemilihan *Image Quality Indicator* dan menempelkan kawat *peny* diatas benda kerja.
  - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen

3) Pengujian pada spesimen.

- Mencatat data mesin pada benda kerja.
- Penempatan specimen pada ujung penyinaran dari alat uji radiografi.
- Atur ketinggian dari ujung penyinaran uji radiografi terhadap benda kerja yang akan diuji
- Menjauh dari benda kerja yang akan di uji sampai zona aman radiasi.
- Lakukan penyinaran pada benda kerja.

4) Pengujian pada spesimen

- Setelah aman lalu ambil benda kerja dan lepaskan film untuk dilakukan pencucian
- Cuci film dengan menggunakan cairan *developer, stopbath, fixer*
- Lihat hasil uji radiografi berupa film pada *viewer*
- Ulangi langkah diatas unruk seluruh spesimen.

Berikut spesimen bahan pengujian radiografi :



**Gambar 3.9** Pemberian identitas pada specimen



**Gambar 3.8** Spesimen Uji Radiografi

### Pemilihan *Image Quality indicator*

Pemilihan *image quality indicator* (IQI) yang tepat merupakan hal yang penting dalam peembakan produk pengelasan karena hal tersebut terkait dengan sensitifitas suatu *film* radiografi. Sensitifitas merupakan ukuran kualitas dari suatu *film* terkait dengan detail dan cacat terkecil yang bisa diamati. IQI yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *wire type* dan penempatan marker memilih metoda *film side*. Berdasarkan Table 3.2 diketahui produk las dengan ketebalan tertentu selanjutnya akan didapatkan nilai *wire-type essential wire*.

**Table 3.1** Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

### Pemilihan *Wire Identity* dan *Wire Diameter*

Setelah didapatkan nilai *wire type wire essential* atau *wire identity* maka selanjutnya menuju Table 3.4 dibawah berikut mengacu pada kurva.

**Tabel 3.2** *Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity*

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

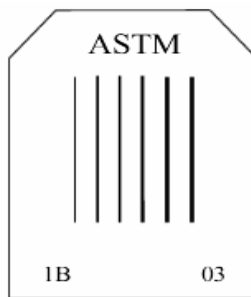
Kemudian didapatkan data *wire diameter* berdasarkan data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. *Wire diameter* menunjukkan ukuran cacat atau diskontinuitas terkecil yang dapat terlihat pada *film* radiografi tersebut. *Wire identity* menunjukkan nomor *wire* minimal yang muncul pada *film*.

### Sensitivitas *Film* Radiografi

Sebelum *film* radiografi dipakai sebagai alat uji tanpa merusak, kita harus mengetahui seberapa akurat alat tersebut. Sensitivitas *film* radiografi adalah fungsi dari *contrast* dan *definition* dari *film* radiografi tersebut. Sensitivitas radiografi berhubungan dengan ukuran detail diskontinuitas terkecil yang dapat dilihat pada *film* hasil radiografi atau kemudahan gambar detail diskontinuitas terkecil untuk dapat dideteksi. Sensitivitas radiografi memiliki kualitas citra yang baik maka dapat

mendeteksi diskontinuitas yang baik. Dalam setiap pengujian radiografi digunakan alat uji *standart* yang disebut penetrameter atau yang sering disebut *image quality indicator* (IQI). Pemilihan parameter dan penempatannya harus sesuai dengan *standart* yang digunakan.

IQI ada 2 macam yaitu *wire* dan *hole* akan tetapi semakin seringnya penggunaan radiografi dalam pengujian sering sekali menggunakan type *wire* dikarenakan lebih praktis dan tentunya cepat tidak seperti halnya IQI *hole* karena harus terlebih dahulu mengukur tebal yang akan diuji dengan radiografi sehingga apabila ada perbedaan ketebalan maka diberi pemasangan ganjal IQI atau yang sering disebut “shims”, maka pengujian ini memilihlah IQI yang bermodelkan *wire* atau yang sering disebut kawat. Digunakan *standart* IQI ASTM/ASME yang terdiri atas 21 kawat, yang disusun menjadi 4 set dimana setiap set berisi 6 kawat.



**Gambar 3.10** *Wire image quality indicator*

Sensitivitas indikator kualitas bayangan tipe kawat adalah persentase perbandingan diameter kawat terkecil yang tergambar pada *film* hasil uji radiografi terhadap ketebalan material. Fungsi IQI antara lain:

1. Digunakan sebagai media pengukur tingkat kualitas radiografi

## 2. Menentukan kualitas gambar radiografi

### Densitas *Film* Radiografi

Densitas *film* radiografi ialah tingkat kegelapan pada *film* radiografi yang telah selesai diproses dan densitas radiografi dilakukan pada daerah pemeriksaan atau yang biasa disebut *area of interest* pada densitas minimal dan maksimal namun bukan pada tempat yang ditafsirkan sebagai sebuah diskontinuitas. *Film* radiografi dinyatakan memenuhi kualitas bila densitas yang diukur pada tempat-tempat diatas memiliki rentang tertentu, yang nilainya tergantung pada prosedur atau spesifikasi ataupun *standart* yang digunakan. Pada ASME Sec.V 2015 untuk *gamma-ray* mempunyai rentang nilai densitas 2 sampai 4. Selain itu ASME Sec.V 2015 juga menetapkan batasan variasi densitas tidak mengijinkan -15% dan +30%.

### Menentukan Teknik Penyinaran

Dalam melakukan penelitian ini digunakan teknik penyinaran *single wall single viewing* yang sudah diatur pada *standart* ASME Sec.V.



**Gambar 3.11** Spesimen Siap Uji Radiografi

### Interpretasi Hasil *Film* Radiografi

Setelah dilakukan penembakan dengan berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* dan menentukan *exposure time* dengan prosedur yang dibuat. Lalu



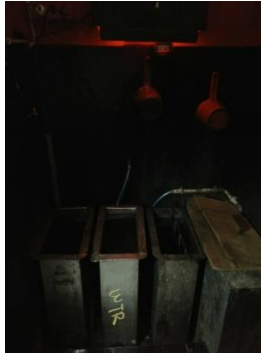
dilakukan interpretasi terhadap *film* radiografi menggunakan alat *viewer* dan alat mengukur tingkat kegelapan yaitu densitometer. Interpretasi bertujuan untuk melihat dan menentukan suatu cacat pada produk pengelasan, densitas, variasi densitas, dan sensitivitas *film* radiografi. Yang kemudian hasil dari interpretasi akan dinilai dan dibandingkan dengan *film-film* dari hasil berbeda kondisi dan berbagai *source film distance* penembakan radiografi. Penilaian akan dilihat pada densitas, variasi densitas dan sensitivitas apa sudah memenuhi syarat keberterimaan sesuai ASME Sec.V 2010.

### Analisa Hasil Pengujian

Setelah didapatkan data pengujian selanjutnya dilakukan analisa pada hasil *film* yaitu dengan nilai densitas dan sensitivitas yang dihasilkan pada suatu kondisi. Setelah dianalisa pada hasil *film*, maka disusunlah tabel pembanding agar data yang sudah diambil dapat dianalisa dan pada tahap akhir ini maka dapat memulai dilakukannya penarikan kesimpulan dan pemberian saran atas hasil penelitian yang telah dicapai.



**Gambar 3.12** Frame untuk pencelupan film



**Gambar 3.13** *Developer, Stop bath, Fixer*



**Gambar 3.14** Viewer

## **B. Pengujian Metallography**

Untuk proses *Metallography Test* yaitu pengamatan makro test

- Makro test  
Bertujuan melihat secara visual hasil dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetsaan, proses pengetsaan yaitu cairan  $HCL+HNO_3+H_2O$ , maka bagian *Weld Metal*, *HAZ*, dan *Base Metal* akan terlihat.

Prosedur pengujian *metallography* adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen uji  
Benda kerja di belah menjadi dua. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian *metallography* dilakukan pada 2 bidang pada satu spesimen.

2. Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan dilakukan menggunakan mesin *grinding* dengan tingkat kekasaran kertas gosok 1000 dengan disertai aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melautkan geram. Setelah menggunakan kertas gosok, spesimen dipoles dengan menggunakan autosol dan kain jeans.
3. Spesimen yang sudah mengkilap disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol. Kemudian direndam dalam cairan etsa selama  $\pm 5$  menit sampai *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal* terlihat. Kemudian spesimen dikeringkan dengan *hair dryer* dengan cepat. Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengetsaan benda uji (*Test piece*) :



**Gambar 3.15** Spesimen sebelum di etsa



**Gambar 3.16** Alat untuk Proses Etsa



**Gambar 3.17** Bahan untuk etsa



**Gambar 3.18** Kertas Gosok

4. Pengambilan gambar makro spesimen.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh pengtoran pada permukaan benda kerja dengan variasi netral, oli, air dan stempet pada las baja ST 37 yang dilakukan pengelasan metode SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), melalui 2 pengujian, yaitu *Radiography* dan *Macro Etsa*.

### 4.1 Parameter Pengelasan

**Tabel 3.1** Logam Induk dan Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ST 37
Tebal	10 mm
AWS Classification	E 6013
Filler metal diameter (mm)	3.2
Posisi pengelasan	1G

**Tabel 4.2** Data Primer Pengelasan

Panjang Pengelasan Plat = 200mm V Groove 60 <sup>0</sup> dengan kedalaman 6mm			
Variasi Perendaman	No. Layer	Waktu	Kecepatan
Netral	1	1'17"	2.60mm/s
	2	1'19"	2.53mm/s
Air	1	1'26"	2.33mm/s
	2	1'41"	1.98mm/s
Oli	1	1'34"	2.13mm/s
	2	1'36"	2.08mm/s
Stempet	1	1'55"	1.74mm/s
	2	1'59"	1.68mm/s

## 4.2 Radiography Test ( Uji Radiografi )

### 4.2.1 Analisa pada Hasil Uji Radiografi

Pada pengujian radiografi ini digunakan 4 spesimen berdasarkan variasi, yaitu pada spesimen tanpa lapisan, spesimen dengan oli, spesimen dengan air, spesimen dengan stempet didapat hasil sebagai berikut :

Hasil uji radiografi pada plat ST37 pengelasan SMAW netral atau tanpa lapisan.



**Gambar 4.1** Hasil lasan netral



**Gambar 4.2** Film hasil uji radiografi lasan netral

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan tanpa lapisan atau netral memiliki cacat *External Concavity*.

*External Concavity* adalah permukaan luar las yang cekung. Yang disebabkan karena arus terlalu besar dan kecepatan gerakan las terlalu tinggi pada pengelasan pertama.

Hasil uji radiografi pada plat ST37 pengelasan SMAW dengan lapisan oli.



**Gambar 4.3** Hasil lasan dengan lapisan oli.



**Gambar 4.4** Film hasil uji radiografi lasan dengan lapisan oli

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan lapisan oli memiliki cacat *Elongated Slag Inclusion* dan *External Concavity*.

*Elongated Slag Inclusion* adalah terjebakanya kotoran atau material *non-metal* yang terjebak masuk ke dalam lasan. Penyebab dari cacat tersebut pada layer pertama base metal tidak bersih, karena hanya menggunakan sikat besi.



*External Concavity* permukaan luar las yang cekung. Yang disebabkan karena arus terlalu besar dan kecepatan las terlalu tinggi pada pengelasan pertama.

Hasil uji radiografi pada plat ST37 pengelasan SMAW dengan lapisan air.



**Gambar 4.5** Hasil lasan dengan lapisan air.



**Gambar 4.6** Film hasil uji radiografi lasan dengan lapisan air.

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan lapisan air memiliki cacat *External Undercut*.

*External Undercut* adalah ikut melelehnya sebagian logam induk pada perbatasan dengan lasan dan lasan tidak terisi secara cukup. Yang disebabkan oleh terlalu tingginya temperatur sewaktu proses pengelasan yang diakibatkan karena pemakaian arus yang terlalu besar dan ayunan elektroda yang terlalu pendek.

Hasil uji radiografi pada plat ST37 pengelasan SMAW dengan lapisan stempet.



**Gambar 4.7** Hasil lasan dengan lapisan stempet.



**Gambar 4.8** Film hasil uji radiografi lasan dengan lapisan stempet

Dari gambar diatas, dilihat dari *film* hasil pengujian radiografi, dapat dikatakan bahwa pada material hasil lasan dengan lapisan stempet memiliki cacat *Elongated Slag Inclusion* dan *External Undercut*.

*Elongated Slag inclusion* adalah terjebakanya kotoran / material non-metal yang terjebak masuk ke dalam lasan. Penyebab dari cacat tersebut adalah adanya sisa kotoran pada layer pertama sehingga tidak terlalu bersih.

*External Undercut* adalah ikut melelehnya sebagian logam induk pada perbatasan dengan lasan dan lasan tidak terisi secara cukup. Yang disebabkan oleh terlalu tingginya temperatur sewaktu proses pengelasan yang diakibatkan karena pemakaian arus yang terlalu besar dan ayunan elektroda yang terlalu pendek.

#### **4.2.2 Pembahasan pada Hasil Uji Radiografi**

Dari hasil uji radiografi pada setiap material terdapat cacat dibagian *weld metal*, termasuk pada material tanpa lapisan atau netral. Umumnya cacat yang terjadi disebabkan oleh faktor pada proses pengelasan dan kotoran yang menempel pada permukaan material, seperti lapisan air, oli dan stempet pada bagian *base metal*.

Pada material tanpa lapisan (netral) terdapat cacat *External Concavity* yang disebabkan karena arus dan kecepatan yang terlalu tinggi, pada proses pengelasan ini tidak dipengaruhi oleh faktor apapun atau material dan elektroda yang digunakan dalam kondisi baik.

Lalu pada material dengan lapisan oli terdapat cacat yang sama dengan material tanpa lapisan, yaitu *External Concavity*. Namun juga terdapat cacat *Elongated Slag Inclusion*. Keduanya disebabkan karena faktor lapisan oli pada proses pengelasan. Dengan adanya kotoran (oli) atau material *non-metal* pada *base metal* sehingga terjadi kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi dan tidak stabil, serta sisa slag pada permukaan layer pertama yang masih menempel pada material.

Dan pada material dengan lapisan air terdapat cacat *External Undercut* yang penyebabnya tidak jauh berbeda dengan material tanpa lapisan (netral), yaitu pemakaian arus yang terlalu besar dan gerak elektroda yang terlalu pendek. Pada material ini lapisan air yang diberikan menyebabkan lasan tidak terisi secara cukup dan melelehnya sebagian logam induk pada perbatasan dengan lasan.

Kemudian pada material dengan lapisan stempet memiliki cacat *Elongated Slag Inclusion* dan *External Undercut*. Sama halnya, pada material dengan lapisan air terdapat cacat *External Undercut* dan cacat *Elongated Slag Inclusion* yang juga dimiliki oleh material lapisan oli. Pada material ini cacat terjadi karena kotoran (stempet) yang terjebak masuk ke dalam lasan dan pada hasil permukaan lasan layer pertama masih terdapat slag.

**Tabel 4.3** Klasifikasi Cacat dari Hasil Uji Radiografi

Lapisan Pengotoran	Jenis Cacat	Dimensi Cacat (mm)	Jumlah Cacat
Tanpa Lapisan (Netral)	<i>External Concavity</i>	1. 2 x 10.5 2. 3 x 9 3. 10 x 5	3
Oli	<i>External Concavity</i>	1. 15 x 13 2. 41 x 7	2
	<i>Elongated slag inclusion</i>	1. 7 x 1 2. 70 x 1.5	2
Air	<i>External Undercut</i>	1. 2 x 1 2. 4 x 0.5	2
Stempet	<i>Elongated slag inclusion</i>	1. 29 x 2.5 2. 8 x 1.5 3. 1 x 1.5 4. 23 x 3 5. 4 x 4.5 6. 18.5 x 4 7. 23.5 x 3 8. 18 x 2.5	8
	<i>External Undercut</i>	3. 13.5 x 1.2 4. 11.5 x 3 5. 10 x 2.5	3

**Tabel 4.4** Klasifikasi Kehitaman (*Density*) dan Sensitivitas *Film*

Radioisotop Ir – 192			
<i>Technique</i>		: <i>Single Wall Single Viewing</i>	
<i>Image Quality Indicator</i>		: <i>Wire ASTM Set 1B</i>	
<i>Exposure Time</i>		: 2 menit	
<i>Source Film Distance (SFD)</i>		: 400 mm	
<i>Placement</i>		: <i>Source Side</i>	
<i>Kehitaman Film (Density)</i>		: <i>min 2 - max 4</i>	
Lapisan Pengotoran	<i>IQI</i>	<i>Density</i>	
		<i>Min</i>	<i>Max</i>
Netral	6	2.55	2.74
Air	6	2.63	2.65
Oli	6	2.60	2.77
Stempet	6	2.53	2.86

### 4.3 Macro Etsa Test ( Uji Makro Etsa )

Pada pengujian makro etsa ini yang akan dilihat daerah *HAZ*, luas *HAZ* dan *Weld metal*

#### 4.3.1 Analisa Hasil Uji Makro Etsa



**Gambar 4.9** Foto Dimensi Makro Spesimen Hasil Lasan Tanpa Lapisan



**Gambar 4.10** Foto Dimensi Makro Spesimen dengan Lapisan Oli



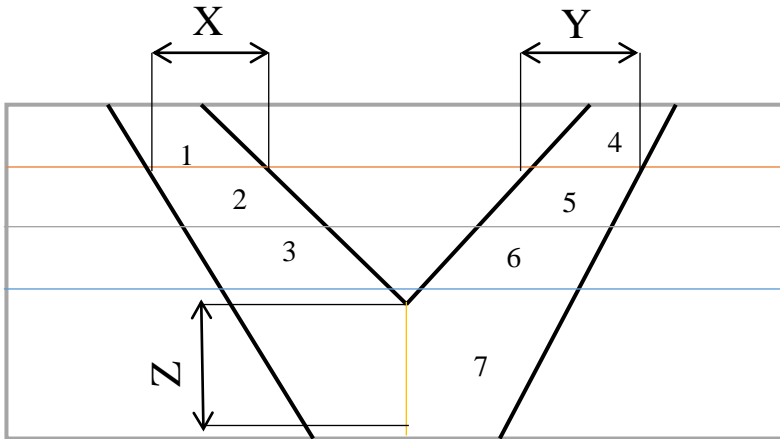
**Gambar 4.11** Foto Dimensi Makro Spesimen dengan Lapisan Air



**Gambar 4.12** Foto Dimensi Makro Spesimen dengan Lapisan Stempet

#### 4.3.2 Pembahasan Hasil Uji Makro Etsa

Untuk lebih mudah akan ditampilkan hasil dari lebar rata-rata keseluruhan dari HAZ dalam tabel sebagai berikut ini.



**Gambar 4.13** Dimensi Perhitungan Lebar HAZ

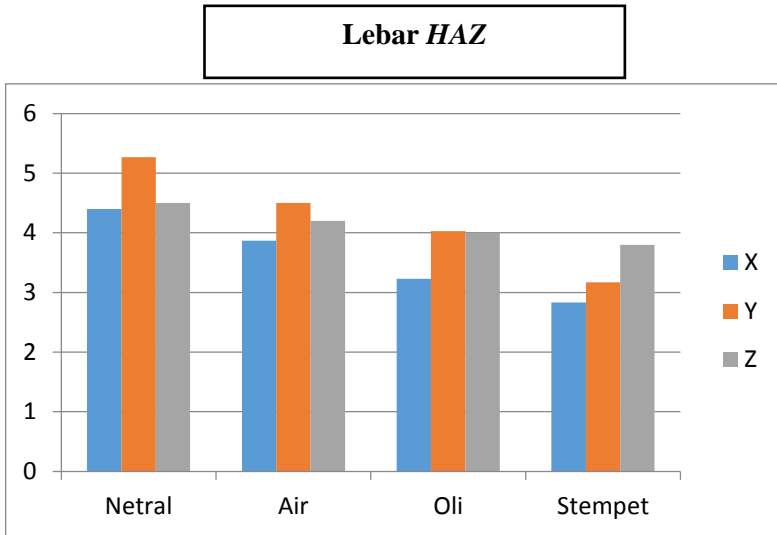
**Tabel 4.5** Pengaruh Lapisan Pengotoran Terhadap Lebar *HAZ*

Variasi Pengotoran	Lebar <i>HAZ</i> (X)	Lebar <i>HAZ</i> (Y)	Lebar <i>HAZ</i> (Z)
Tanpa Lapisan (Netral)	1) 4mm 2) 4.2mm 3) 5mm	4) 4.6mm 5) 5.2mm 6) 6mm	7) 4.5 mm
Rata - Rata	4.4mm	5.27mm	4.5mm
Air	1) 3mm 2) 4mm 3) 4.6mm	4) 4mm 5) 4.5mm 6) 5mm	7) 4.2 mm
Rata - Rata	3.87mm	4.5mm	4.2mm
Oli	1) 2.2mm 2) 3.5mm 3) 4mm	4) 3.5mm 5) 4mm 6) 4.6mm	7) 4mm
Rata - Rata	3.23mm	4.03mm	4mm
Stempet	1) 2mm 2) 3mm 3) 3.5mm	4) 2.5mm 5) 3mm 6) 4mm	7) 3.8mm
Rata - Rata	2.83mm	3.17mm	3.8mm

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa perhitungan lebar *HAZ* terdapat 3 variabel, yaitu X, Y dan Z.

Lebar *HAZ* yang didapat tergantung dari beberapa faktor, yaitu *Heat Input* dan lapisan pengotoran pada permukaan material. Semakin rendah temperatur, *HAZ* yang terbentuk akan semakin besar karena adanya perpindahan panas diantara *base metal* yang lambat. Serta semakin kental lapisan pengotoran maka lebar *HAZ* semakin kecil. Karena dipengaruhi viskositas pengotoran.





**Gambar 4.13** Grafik Hasil Lebar *HAZ*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh variasi (oli, air, stempet dan tanpa lapisan) pada pengelasan material *ST 37* dengan menggunakan metode *SMAW*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian radiografi, hasil data mengenai pengaruh variasi lapisan pengotoran permukaan dengan oli, air, stempet dan tanpa lapisan. Pada keempat material yang diuji hanya terdapat cacat, material dengan lapisan stempet terdapat *undercut* dan *slag inclusion*, material dengan lapisan air terdapat *undercut*, material dengan lapisan oli terdapat *concavity* dan *slag inclusion* dan pada material tanpa lapisan juga terdapat cacat *concavity*. Dari semua cacat yang didapat faktor utama timbulnya cacat dikarenakan ada lapisan pengotoran pada permukaan material. Sehingga, saat proses pengelasan tidak sesuai dengan prosedur.
2. Pada pengujian makro etsa, hasil data pengujian metalografi makro, didapat lebar *HAZ* pada material tanpa lapisan lebih besar daripada lapisan oli, air dan stempet. Dari hasil lebar *HAZ* yang diperoleh bahwa semakin kental lapisan pengotoran yang dioleskan pada permukaan maka semakin kecil lebar *HAZ* yang diperoleh. Karena viskositas pengotoran mempengaruhi lebar *HAZ*.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian kali ini metode pengelasan *SMAW* dinilai kurang sempurna dalam prosesnya sehingga terdapat cacat yang pada setiap material dengan variasi pengotoran lapisan tersebut, sehingga diharapkan untuk selanjutnya prosedur pengelasannya lebih baik.

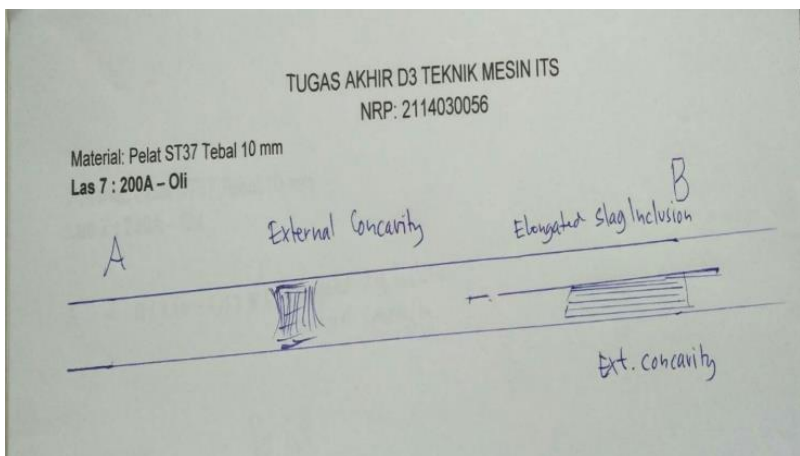
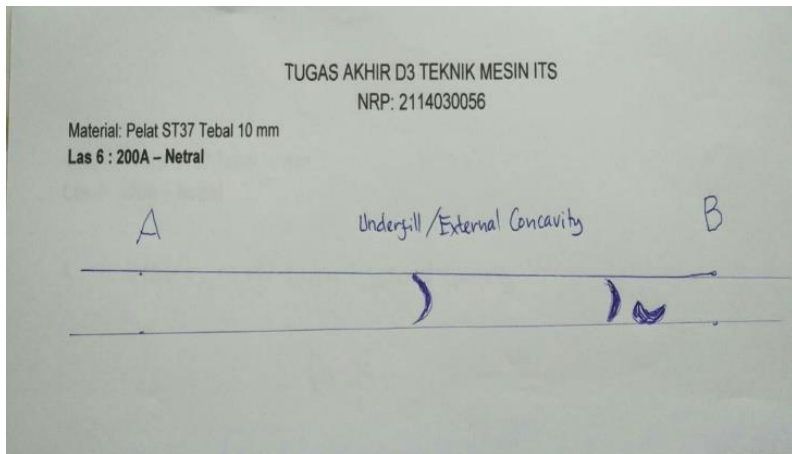
2. Pada penelitian kali ini didapatkan kesalahan pada proses *polishing*, dimana letak *HAZ* kurang terlihat jelas. Sehingga pada proses selanjutnya diharapkan dapat lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

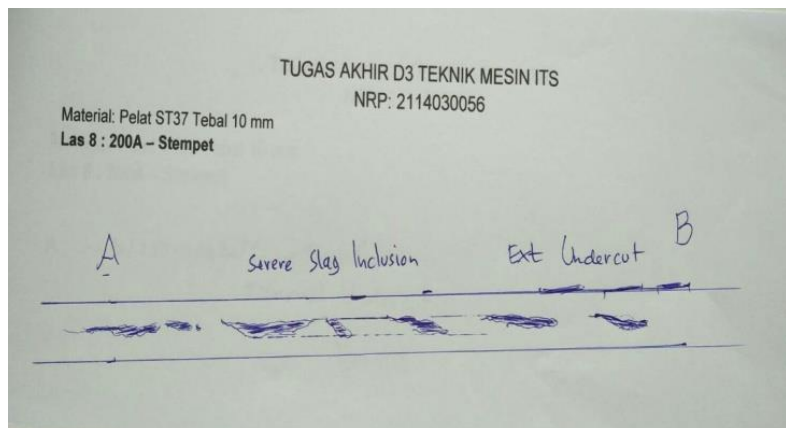
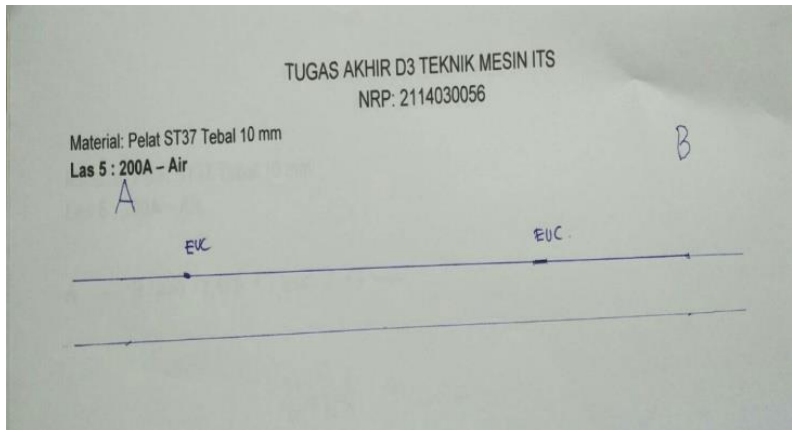
1. Anonim. 2014. “**Elektroda (*filler* atau bahan isi)**”. <http://las-listrik.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 5 Mei 2017.
2. American Society of Mechanical Engineers Section V, 2010, *Nondestructive Examination*.
3. Ariyok Putro S. 2016. “*Pengaruh Fluida Dan Source Film Distance Terhadap Nilai Densitas Serta Sensitivitas Film Pada Underwater Inspection Dalam Pengujian Radiografi.*”
4. Idashabu. 2014. “**Tabel Kawat Las**”. <http://idashabu.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 7 Mei 2017.
5. Muhammad Andy Y. 2016. “*Pengaruh Kebakaran Temperatur 700°C dan 900°C Terhadap Perubahan Kekerasan dan Keuletan Pada Pengelasan Material SA 36 Dengan Menggunakan Metode SMAW.*”
6. Sonawan, Hery. 2003. “**Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam**. Alfabeta, cv.”

Date : 31-05-2017 Date : Date : Date :  
 Note : \*) SOD = Source to Object Distance, \*\*) DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance  
 IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack, RUC: Root Undercut

## Lampiran 2



### Lampiran 3



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Sumenep, 12 Maret 1996, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Yaa Bunayya Sumenep, SDN Pangarangan III Sumenep, SMPN 1 Sumenep dan SMAN 1 Sumenep. Setelah lulus dari SMAN tahun 2014, penulis melanjutkan studi di D3 Teknik Mesin Reguler FTI-ITS dalam bidang studi manufaktur. Penulis sempat melakukan Kerja Praktek di PT.

Petrokimia Gresik yang merupakan pabrik pengolahan pupuk di Gresik di dalam divisi Pemeliharaan selama 1 bulan.

Penulis juga sempat aktif di beberapa kegiatan yang diadakan oleh Himpunan D3 Teknik Mesin ITS, mulai dari pelatihan sebagai peserta maupun panitia. Serta mengikuti organisasi di himpunan sebagai staf Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM).

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih 5 bulan pada semester 6 pendidikan di Teknik Mesin Industri FV-ITS. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Mesin Industri FV-ITS khususnya, serta untuk kebermanfaat orang banyak kedepannya.